

ПРИЧИНЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПОМЕХ

Поляков С.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Соломенцев В.М.

Сибирский федеральный университет

Откуда возникают высокочастотные помехи в установке, которая, собственно говоря, работает только с постоянным напряжением или с переменным напряжением сети? На рис. 1 показаны частотные спектры различных форм сигнала. Каждый несинусоидальный сигнал содержит кроме своей основной частоты еще и кратные, производные основной частоты, так называемые гармоники. В общих чертах, чем быстрее изменяется амплитуда сигнала, тем выше высокочастотные гармоники этого сигнала.

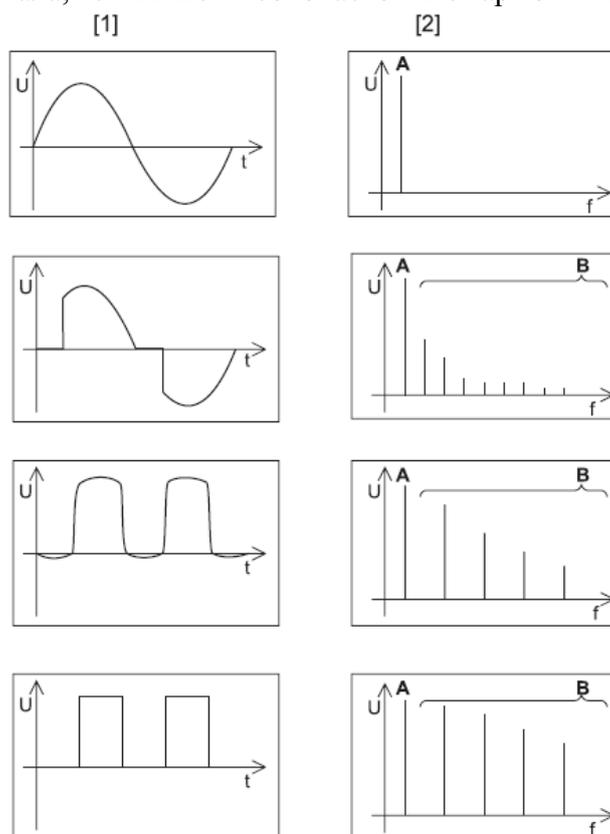


Рис. 1. Формы сигнала [1] и компоненты спектра сигнала [2], разделенные на основную волну А и высшие гармоники В

Это обозначает что, например, при каждом процессе коммутации возникают высокочастотные сигналы, которые могут стать причиной помех.

Источники помех и их воздействие

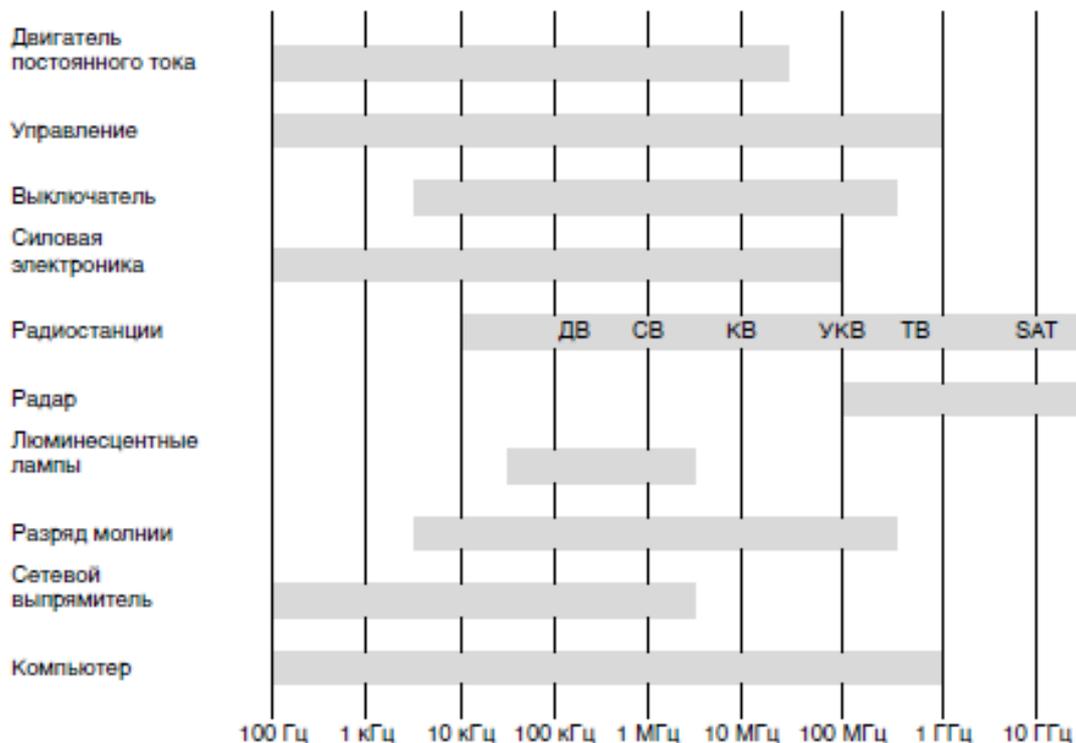
В этом разделе рассматриваются различные виды источников помех и поясняется на примерах механизм помех и их воздействие. В следующей таблице перечислены различные источники помех. Дальнейшее подразделение происходит по ширине полосы частот (узкополосные или широкополосные) и характеристикам помехи. На приведенном выше графике показаны диапазоны частот, в которых активны различные источники помех.

Рис. 2 показывает на каких расстояниях действуют связанные с линией и излучаемые помехи на разных частотах:

В зоне [1] сигналы помех передаются главным образом через соединительный кабель. Источник и получатель помехи соединены между собой проводами, по которым помеха передается. В зоне [2] сигнал помехи дополнительно излучается источником помехи и может передаваться получателю помехи через соединительные провода или через корпус. Прямого соединения между источником и получателем помехи здесь не требуется.

Табл. 1. Источники помех

Естественные источники помех	Технические источники помех	
	Преднамеренное излучение	Непреднамеренное излучение
Например атмосферные помехи космические шумы разряды молнии электростатические разряды	Например радиостанции радары индукционные электроплиты микроволновые печи высокочастотные сушильные установки	Например выключатели люминесцентные лампы двигатели установки для дуговой сварки силовая электроника сетевые выпрямители цифровые приборы (компьютеры и т. п.)



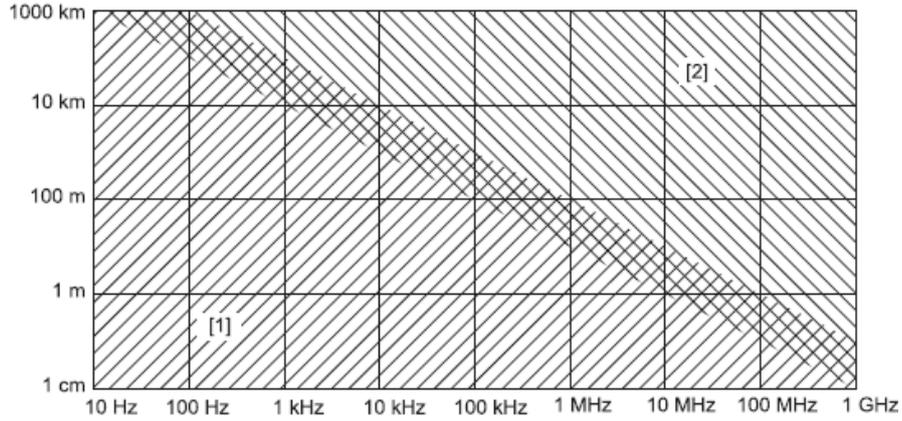


Рис. 2. Зоны помехи, связанной с линией [1] и излученной помехой [2] в зависимости от частоты помехи f и расстояния l (l = длина линии, размер преобразователя, ширина шлица и т. д.)

Сетевые гармоники

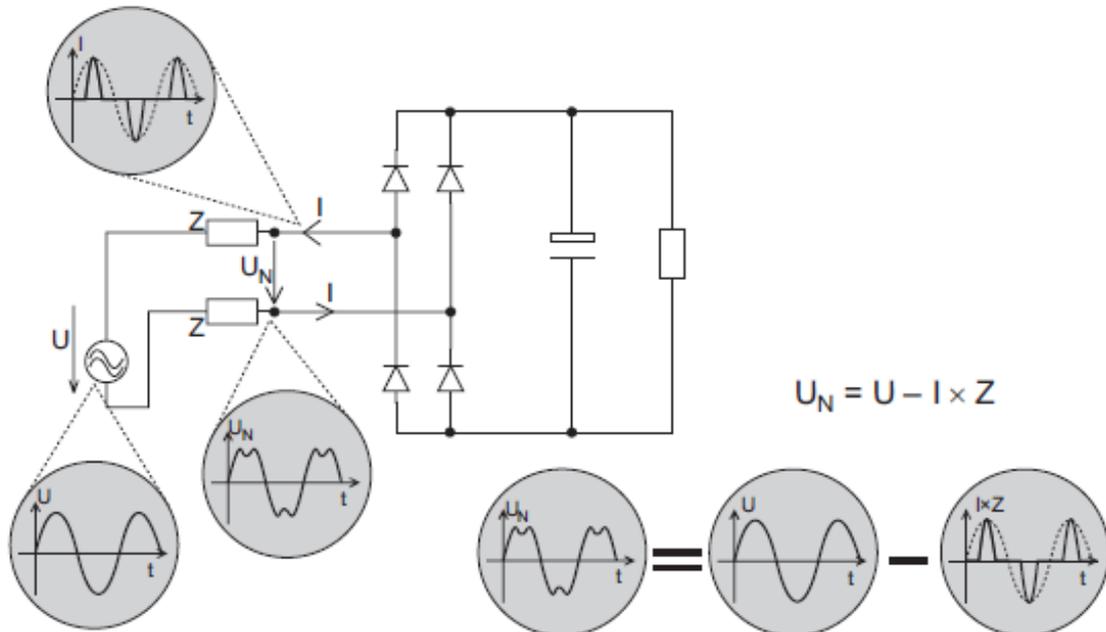


Рис. 3. Сетевой выпрямитель с конденсатором

На Рис. 3 показаны характеристики сетевого выпрямителя с последовательно подключенным конденсатором. Так как конденсатор заряжается в те промежутки времени, когда напряжение сети выше, чем напряжение на конденсаторе, ток в подводящей линии имеет форму коротких высоких несинусоидальных пиков подзарядки. Они вызывают на полном сопротивлении сети Z падение напряжения. Оно становится ощутимым для других потребителей как искажение напряжения U_N . Напряжение перестает быть синусоидальным, т. е. оно содержит высшие волны, так называемые сетевые гармоники. Присутствие гармоник в токе или напряжении характеризуется суммарным коэффициентом гармоник THD.

О сетевых гармониках говорят при сетевых искажениях до частоты в 2,5 кГц. Речь идет о помехах в НЧ диапазоне. Чем быстрее происходит изменение тока или напряжения, тем больше в сигнале высших гармоник. Большое содержание высших гар-

моник может привести к пиковым нагрузкам и просадке напряжения в сети, которые сильно отличаются от нормальных значений. Возникающие пики напряжения имеют из-за своей относительно долгой продолжительности (до нескольких мс) высокое содержание энергии и в экстремальных случаях могут привести к разрушению подключенных приборов. Сетевые гармоники могут возникать постоянно или случайным образом.

Компенсирующие устройства

Гармонические колебания могут вызывать в сети резонансные контуры, которые в критических случаях приводят к значительным перенапряжениям. Параллельный резонансный контур может образовываться, например, из конденсаторов компенсирующего устройства и основной катушки индуктивности питающего трансформатора. Если частота одной из гармоник близка к резонансной частоте, то при процессе коммутации (обычно при отключении конденсаторов при слабой нагрузке) на напряжение сети может быть наложено опасное колебание напряжения.

Для предотвращения опасности сетевого резонанса изготовители компенсирующих устройств рекомендуют устанавливать компенсирующие устройства с дросселем начиная с составляющей мощности преобразователя примерно 20 – 25 % от общей потребляемой мощности.

Иллюстрация резонансной помехи в сети, вызванной гармониками:

Сеть с частотой 50 Гц была возбуждена 11-й гармоникой (= 550 Гц) вследствие процесса коммутации.

Резонансная частота $f_{\text{Рез}}$ составляет для фазы L1 583 Гц и для фазы L2 592 Гц.

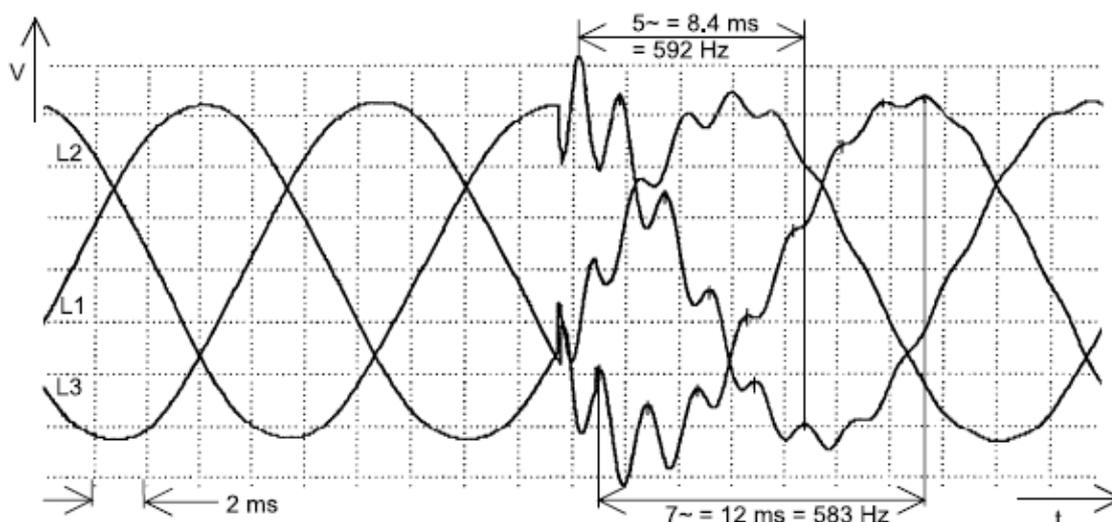


Рис. 4. Иллюстрация резонансной помехи в сети

Примеры генераторов сетевых гармоник:

- Устройства плавного запуска, преобразователи частоты, сервопреобразователи, регуляторы частоты вращения
- Дуговые электропечи
- Индукционные электропечи
- Люминесцентные лампы (в том числе компенсированные)
- Насыщенные магнитные цепи (например, трансформатор и дроссель в насыщении)
- Бытовые приборы, такие как радио, телевизор, компьютер

Примеры воздействия сетевых гармоник

Табл. 2. Воздействие сетевых гармоник

Устройство	Воздействие
Трансформатор	Повышенные потери и нагрев, могут возникать явления насыщения
Электродвигатели	Повышенные потери, колебания частоты вращения
Кабели	Повышенные активные и диэлектрические потери
Конденсаторы	Нагрев, старение, резонансные явления
Контрольные и измерительные приборы	Ошибки измерения, ограничение функций, потеря функциональности
Нулевой автомат	Ложные срабатывания

Сетевые гармоники можно уменьшить следующими мерами:

- с помощью подходящего компенсирующего устройства
- с помощью сетевой дроссельной катушки перед источником
- с помощью подключения через разделительный трансформатор

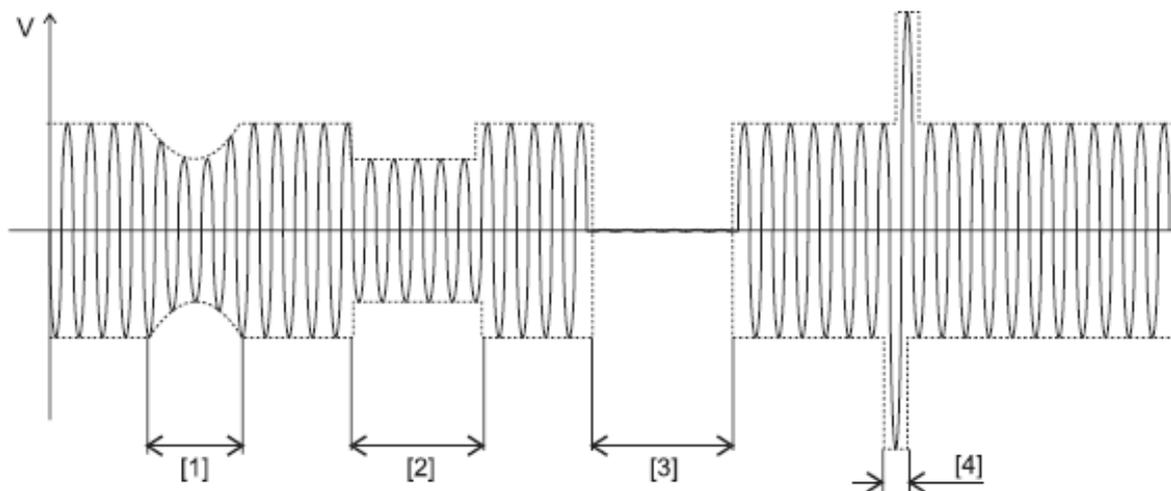


Рис. 5. Помехи в низковольтной сети:

- [1] = сетевые колебания, фликер; [2] = просадка напряжения в сети;
 [3] = прерывание напряжения в сети; [4] = перенапряжение в сети

На рис. 5 показаны различные помехи НЧ диапазона, которые могут возникнуть в низковольтной сети. Для обеспечения бесперебойной эксплуатации приборы, которые подключены к такой сети, должны иметь достаточную помехозащищенность. С другой стороны, низковольтная сеть должна обладать минимально допустимым пределом качества, который должен обеспечить пользователь.

Сетевые помехи могут иметь следующие причины:

Табл. 3. Причины сетевых помех

Помехи	Возможные причины	Воздействие
Колебания напряжения	Например, дуговые электроды, сварочные аппараты, сильные колебания нагрузки (например, подъемники, прессы)	Колебания освещения (фликер)
Просадка напряжения	Подключение больших нагрузок (запуск больших двигателей, электрического отопления, электрических печей и т. д.), короткие замыкания в электросети...	Колебания крутящего момента, возможное нарушение производственного процесса
Прерывания напряжения	Подключение больших трансформаторов, двигателей, конденсаторов	Отпускание и дребезг контактов реле, ложное срабатывание тормоза двигателя
Повышенные напряжения	Подключение устройств в электросеть среднего напряжения, гроза, подключение компенсирующих устройств без дросселя	Повреждение электронных приборов, нарушение производственного процесса